

и не определяет скорость ионного обмена, кроме того, она сужается с ростом температуры опыта.

Внешнедиффузионная модель для линейной изотермы адекватно описывает сорбцию на ионите из растворов, содержащих менее 1 ммоль/л меди (II). Для растворов с исходной концентрацией металла от 1 до 5 ммоль/л изотерма линейна, но наблюдается систематическое отклонение коэффициентов распределения, определенных из динамических опытов, от константы Генри, рассчитанной по изотерме. Скорее всего, это связано с двухстадийной кинетикой, которая становится заметной при сорбции на гидроксидных ионитах из концентрированных растворов. Совместный учет нескольких стадий процесса делает модель не применимой для практики. Путем приближенного расчета установлено, что кривые сорбции из растворов с концентрацией металла от 1 до 5 ммоль/л удовлетворительно описываются внешнедиффузионной моделью для изотермы Ленгмюра.

Используя указанные модели можно решить задачи организации и аппаратурного оформления сорбции меди (II) на композиционном ионите без проведения дополнительных экспериментов.

1. Веницианов Е.В., Рубинштейн Р.Н. Динамика сорбции из жидких сред. М.: Наука. 1983. 238 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ И ИОНООБМЕННЫХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФОРМ КЛИНОПТИЛОЛИТА**

*Товпик Я.Н., Золотарь Р.Н., Шкуратов А.Л.*  
Дальневосточный федеральный университет  
690950, г. Владивосток, ул. Октябрьская, д. 27.

Использование сорбентов природного происхождения в методах разделения, концентрирования и препаративной хроматографии представляет несомненный теоретический и практический интерес. Нами были получены различные модифицированные формы сорбента на основе клиноптилолита Чугуевского месторождения Приморского края.

Кислотная модификация является одним из самых распространенных способов модификации, при которой увеличивается внутрипоровое пространство в структуре клиноптилолита; использование хитозана, природного полисахарида, может увеличить ионообменные свойства сорбента, пористость и физиологическую активность; модификация клиноптилолита 8-оксихинолином в неводном растворителе дает воз-

возможность проводить концентрирование по механизму твердофазной экстракции.

При кислотной модификации заранее набухший сорбент обрабатывали соляной кислотой, модификацию клиноптилолита 3%-ным хитозаном проводили путем осаждения из кислых растворов аммиаком. Для модификации 8-оксихинолином клиноптилолит обрабатывали раствором 8-гидроксихинолина в хлороформе. Важнейшей физико-химической характеристикой сорбента является размер внутренних кристаллических областей и удельная поверхность. Общий состав клиноптилолита и его модифицированных форм был определен с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного дифрактометра, для определения объема внутрикристаллических пустот был использован метод временной позитронной аннигиляционной спектроскопии. Этот метод показал, что внутренний объем пор у клиноптилолита составляет  $0,27 \text{ см}^3/\text{г}$ , у клиноптилолита, модифицированного хитозаном он увеличился до  $1,01 \text{ см}^3/\text{г}$ . Пористость увеличилась от 34,3 до 67,7. Анализ рентгеновских дифрактограмм показал, что каркас клиноптилолита не изменился при модификации его хитозаном.

Методами потенциометрии и титриметрии рассчитаны значения статической обменной емкости. Для кислотно-модифицированного сорбента значения составляют  $0,5 \text{ ммоль-экв/г}$  при способе прямого титрования и  $0,8 \text{ ммоль-экв/г}$  при способе обратного титрования. Показано, что модификация клиноптилолита хитозаном уменьшает обменную емкость сорбента, что ограничивает его использование по катионообменному механизму. Обработка кислотно-модифицированного клиноптилолита насыщенным раствором хлорида натрия показала о получении формы, способной к  $\text{H} - \text{Na}$  обмену. Таким образом, для использования клиноптилолита в методах концентрирования по ионообменному механизму предпочтительнее применять кислотно-модифицированный сорбент.

Для изучения сорбционных свойств цеолитов были определены коэффициенты распределения кальция, кадмия и цинка на модифицированных цеолитах при различных значениях pH. Коэффициенты распределения кальция при всех значениях кислотности выше, чем для других металлов. Высокие значения коэффициентов распределения для нейтральных сред (порядок  $10^2$ ) характеризует практически 90%-ную степень извлечения и цеолиты, модифицированные хитозаном, могут с успехом использоваться для сорбции кальция из природных вод.